**議題：打造誘因式節能服務**

說明：已經有校園的數位孿生模型，可以利用它來設計一個 以提升生活品質 (QOL) 為目標的節能誘因系統，讓使用者在追求便利、舒適的過程中，自然而然地養成節能行為。以下是一些可行的方案：

1. **透過數位孿生與 AI 建立節能意識**

📍 場景模擬與可視化

* + 將校園的 電力、水資源使用數據 透過數位孿生模型呈現，例如：
    - 建立即時 用電、用水熱點圖
    - 可視化不同情境（正常使用 vs. 節能模式）的能源消耗變化
    - AI 預測未來幾天的用電趨勢，提醒即將發生的高峰用電時段

📍 環境與行為監測

* + 在教室、宿舍、辦公室等區域安裝 智慧感測器（溫溼度、光線、二氧化碳濃度、電力計），監測：
    - 空間的使用情況（無人時關閉設備）
    - 空調與照明的最佳調整方式
    - 學生、教師對節能建議的回應

📍 個人化 AI 建議

* + 透過 LLM (大語言模型) 分析使用習慣，給予個人化節能建議，例如：
    - 「您所在的辦公室照明亮度偏高，可調整至最佳舒適亮度，預計可節省 10% 電力。」
    - 「空調設定為 26°C，使用風扇可保持舒適且節省 15% 能源。」

📍 建議應用架構（AI+感測器）

* 使用 ADI MAX78000 FTHR 來偵測冷氣、照明、投影機等設備的狀態，進行 AI 運算 預測最佳能源使用方式。
* NXP FRDM-IMX93 負責能源數據整合，自動化管理校園不同區域的能源需求。

1. **透過誘因設計改變行為**

📍 行動回饋機制

* + 即時節能積分 📈：針對個人或團隊的節能行為，提供回饋，例如：
    - 🌱 減碳等級：根據節電/節水表現，提升「環保等級」
    - 🏆 校內節能挑戰賽：班級/宿舍可比拼節能成效
    - 🎁 節能兌換商城：可兌換餐廳折扣、優先借閱圖書、免費影印額度等獎勵

📍 智慧情境自動化

* + AIoT 自動調整照明、空調，例如：
    - 🏢 無人時自動關閉電器
    - 🏫 學生離開座位 10 分鐘後，智慧桌燈自動調暗
    - 💡 課間休息時，自動降低不必要的電力消耗（如投影機、冷氣轉弱）

📍 沉浸式體驗

* + VR/AR + 數位孿生互動：讓學生進入模擬校園，親身體驗不同節能行為的影響，如：
    - 「如果全校將冷氣從 22°C 調整到 26°C，碳排放會減少多少？」
    - 「夜間不關電腦 vs. 自動關機，學校一年省下多少電費？」

📍 建議應用架構（智慧場域偵測與自動化）

* 使用 Infineon XENSIV 60 GHz Radar 測量會議室、教室、宿舍是否有人，達成無人自動關閉設備。
* ADI EVAL-ADXL362Z-MLP 三軸加速度計，偵測門窗開關狀態，搭配 AIoT 做出節能建議（如冬天不開窗減少暖氣流失）。

1. **與 Quality of Life (QOL) 相結合**

📍 智慧照明與學習環境

* 自動調節教室光源與冷氣，提高學習專注度，同時節能
* 提供「最佳學習環境設定」：例如白天降低螢幕亮度、調整窗簾

📍 宿舍智慧節能

* + 學生可設定個人化 AIoT 環境，如：
    - 起床後自動開啟窗簾，減少人工照明使用
    - 熱水器根據使用者習慣調整最佳加熱時段，減少待機能源消耗

📍 校園共享經濟

* + 透過數位孿生分析哪些教室/會議室長期閒置，讓空間可以更有效運用，減少不必要的能源浪費

📍 建議應用架構（數位孿生即時能源數據可視化）

* ST NUCLEO-H563ZI 作為數據處理核心，將所有感測數據回傳至數位孿生系統，透過 3D 視覺化展示。
* ST X-NUCLEO-S2868A2 提供無線傳輸，確保能源數據在校園內低功耗、高效率傳輸。

**呈現方式**

* **Demo 展示：** 在競賽現場搭建一個「智慧校園小型模型」，用 LED、電子紙、AIoT 感測器實際模擬誘因式節能機制。
* **數據分析視覺化：** 透過數位孿生動態呈現不同場景的節能成果。
* **(或者是)使用者互動：** 透過 VR/AR 體驗不同的節能行為對校園的影響。

### 適合誘因式節能應用的模組

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **模組名稱** | **應用方式** | **對應功能** |
| **ADI MAX78000 FTHR** | 邊緣 AI 處理，可用於**智慧電力管理**與影像識別 | **即時設備狀態監測**（例如冷氣、照明設備是否長時間開啟） |
| **NXP FRDM-IMX93** | AI 運算+物聯網整合，適合**智慧校園 AIoT 管理** | **電力/水資源數據分析與自動化控制** |
| **ST NUCLEO-H563ZI** | 高效能 MCU，適合**大量感測數據處理與數位孿生同步** | **能源消耗計算與優化** |
| **Infineon XENSIV 60 GHz Radar** | 精準偵測**人體活動狀態**，無須攝影機即可監測教室/宿舍使用情況 | **智慧空間節能**（無人時自動關閉電器） |
| **ADI EVAL-ADXL362Z-MLP** | 低功耗三軸加速度計，可偵測設備運動狀態 | **智慧環境感測**（監測開關門、風扇運作狀況） |
| **ST X-NUCLEO-S2868A2** | 低功耗無線通訊模組，可用於**能源數據傳輸與設備聯網** | **即時數據回傳至數位孿生平台** |

**節能誘因機制**

* **個人化 AI 提醒**：透過數據分析，提供節能建議，如「你的辦公室昨晚冷氣未關，累積了 3 小時額外用電」。
* **即時能耗挑戰**：宿舍間競賽，透過數位孿生查看自己與他人**節能排名**，創造**行為誘因**。
* **智慧節能任務**：透過 AIoT **識別能源浪費行為**（例如長時間無人但冷氣仍開啟），提醒學生或教職員關閉。